

T S1/5/1

1/5/1

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI

(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

011459805 **Image available**

WPI Acc No: 1997-437712/199741

Related WPI Acc No: 2004-037152; 2004-037153; 2004-037154

XRPX Acc No: N97-363867

Electron beam exposure appts. for semiconductor circuit mfr. - forms images and intermediate images of source on wafer and corrects any aberration generated when the images are reduced and projected on the wafer

Patent Assignee: CANON KK (CANO)

Inventor: GOTOH S; MURAKI M

Number of Countries: 006 Number of Patents: 011

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 794552	A2	19970910	EP 97301406	A	19970304	199741 B
JP 9245708	A	19970919	JP 9645878	A	19960304	199748
JP 9288991	A	19971104	JP 96101233	A	19960423	199803
JP 9330868	A	19971222	JP 96150988	A	19960612	199810
JP 9330870	A	19971222	JP 96150990	A	19960612	199810
KR 97067575	A	19971013	KR 977085	A	19970304	199843
US 5834783	A	19981110	US 97811602	A	19970304	199901
US 5973332	A	19991026	US 97811602	A	19970304	199952
			US 9898432	A	19980617	
US 6166387	A	20001226	US 97811602	A	19970304	200103
			US 9898432	A	19980617	
			US 99313072	A	19990517	
KR 225335	B1	19991015	KR 977085	A	19970304	200110
US 6323499	B1	20011127	US 97811602	A	19970304	200175
			US 9898432	A	19980617	
			US 99313072	A	19990517	
			US 2000596052	A	20000616	

Priority Applications (No Type Date): JP 96150990 A 19960612; JP 9645878 A 19960304; JP 96101233 A 19960423; JP 96150988 A 19960612

Cited Patents: No-SR.Pub

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
EP 794552	A2	E	73	H01J-037/153	
Designated States (Regional): DE GB NL					
JP 9245708	A		22	H01J-037/21	
JP 9288991	A		14	H01J-037/305	
JP 9330868	A		14	H01L-021/027	
JP 9330870	A		14	H01L-021/027	
KR 97067575	A			H01L-021/027	
US 5834783	A			H01J-037/12	
US 5973332	A			H01J-037/302	Div ex application US 97811602
					Div ex patent US 5834783
US 6166387	A			G21K-005/10	Div ex application US 97811602
					Div ex application US 9898432
					Div ex patent US 5834783
					Div ex patent US 5973332
KR 225335	B1			H01L-021/027	
US 6323499	B1			G21K-005/10	Div ex application US 97811602
					Div ex application US 9898432
					Div ex application US 99313072

Div ex patent US 5834783

Div ex patent US 5973332

Abstract (Basic): EP 794552 A

The electron beam exposure apparatus has an electron gun (1) consisting of a cathode (1a), a grid (1b), and an anode (1c), and electrons emitted from the gun form a crossover image between the grid and the anode. The gun has a function of changing the grid voltage so as to change the size of the crossover image source. The electrons emitted by the source is collimated by a condenser lens (2) and is incident on a correction electron optical system (3). The optical system forms images (M1, M2) of the source and intermediate images (I1, I2) are formed on a wafer (5). Any aberration generated is corrected when the intermediate images are reduced and projected on the wafer by the optical system.

ADVANTAGE - Minimises influence of space charge effect and aberrations of optical system

Dwg.1/46

Title Terms: ELECTRON; BEAM; EXPOSE; APPARATUS; SEMICONDUCTOR; CIRCUIT; MANUFACTURE; FORM; IMAGE; INTERMEDIATE; IMAGE; SOURCE; WAFER; CORRECT; ABERRATION; GENERATE; IMAGE; REDUCE; PROJECT; WAFER

Derwent Class: P84; U11; V05

International Patent Class (Main): G21K-005/10; H01J-037/12; H01J-037/153; H01J-037/21; H01J-037/302; H01J-037/305; H01L-021/027

International Patent Class (Additional): G03F-007/20; G21K-005/04; H01J-037/145; H01J-037/317

File Segment: EPI; EngPI

?

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-245708

(43) 公開日 平成9年(1997)9月19日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 J 37/21			H 0 1 J 37/21	Z
G 0 3 F 7/20	5 0 4		G 0 3 F 7/20	5 0 4
H 0 1 J 37/305			H 0 1 J 37/305	B
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 4 1 A

審査請求 未請求 請求項の数41 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願平8-45878

(22) 出願日 平成8年(1996)3月4日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 村木 真人

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72) 発明者 後藤 進

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地キヤノン株式会社小杉事業所内

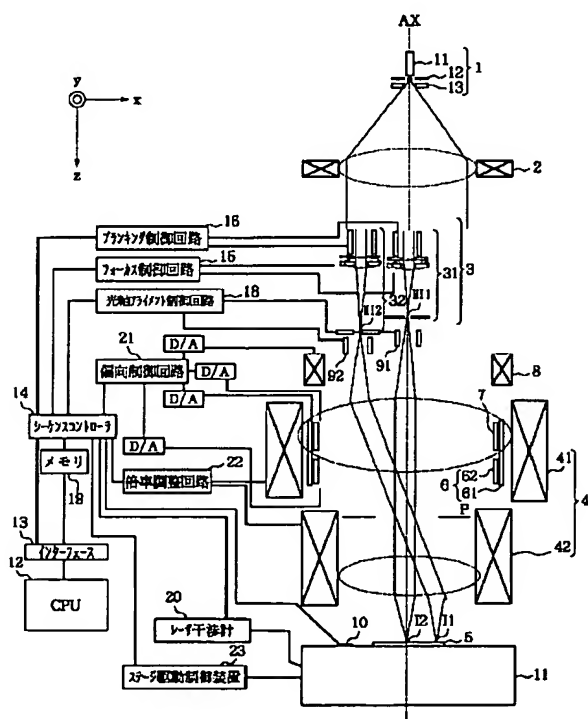
(74) 代理人 弁理士 丸島 儀一

(54) 【発明の名称】 電子ビーム露光装置とその露光方法

(57) 【要約】

【課題】 空間電荷効果及び縮小電子光学系の収差の影響を低減して同時に露光できる露光領域を拡大して、スループットの高い電子ビーム露光装置を提供する。

【解決手段】 電子ビームを放射する光源と被露光面に該光源の像を縮小投影する縮小電子光学系とを有する電子ビーム露光装置において、前記光源と前記縮小電子光学系の間に設けられ、前記縮小電子光学系の光軸に直交する方向に前記光源の中間像を複数形成し、各中間像が前記縮小電子光学系によって前記被露光面に縮小投影される際に発生する収差を予め補正する補正電子光学系を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 電子ビームを放射する光源と被露光面に該光源の像を縮小投影する縮小電子光学系とを有する電子ビーム露光装置において、前記光源と前記縮小電子光学系の間に設けられ、前記縮小電子光学系の光軸に直交する方向に前記光源の中間像を複数形成し、各中間像が前記縮小電子光学系によって前記被露光面に縮小投影される際に発生する収差を予め補正する補正電子光学系を有することを特徴とする電子ビーム露光装置。

【請求項2】 前記補正電子光学系は、前記縮小電子光学系の像面湾曲に応じて前記縮小電子光学系の光軸方向に関する前記各中間像の位置を設定することを特徴とする請求項1の電子ビーム露光装置。

【請求項3】 前記補正電子光学系は、前記縮小電子光学系の歪曲に応じて前記縮小電子光学系の光軸に直交する方向に関する前記各中間像の位置を設定することを特徴とする請求項1、2の電子ビーム露光装置。

【請求項4】 前記各中間像毎に、前記中間像を形成する電子ビームが前記被露光面に到達しないように該電子ビームを遮断する手段を有することを特徴とする請求項1乃至3の電子ビーム露光装置。

【請求項5】 前記被露光面に露光されるべきパターンに応じて、前記遮断手段を制御する制御手段を有することを特徴とする請求項4の電子ビーム露光装置。

【請求項6】 前記縮小電子光学系の光軸に直交する方向に関する前記各中間像の位置を調整する第1位置調整手段を有することを特徴とする請求項1乃至4の電子ビーム露光装置。

【請求項7】 前記各中間像が前記縮小電子光学系によって縮小投影される位置を検出する位置検出手段と、該位置検出手段の結果に基づいて前記各中間像が予め決められた位置に位置するように前記第1位置調整手段を制御する手段とを有することを特徴とする請求項6の電子ビーム露光装置。

【請求項8】 前記縮小電子光学系の光軸方向に関する各中間像の位置を調整する第2位置調整手段を有することを特徴とする請求項1乃至4の電子ビーム露光装置。

【請求項9】 前記各中間像が前記縮小電子光学系によって縮小投影される位置を検出する位置検出手段と、該位置検出手段の結果に基づいて前記第2位置調整手段を制御する手段とを有することを特徴とする請求項8の電子ビーム露光装置。

【請求項10】 前記縮小電子光学系は、該縮小電子光学系の倍率を調整する倍率調整手段を有することを特徴とする請求項1乃至4の電子ビーム露光装置。

【請求項11】 前記各中間像が前記縮小電子光学系によって縮小投影される位置を検出する位置検出手段と、該検出手段の結果に基づいて前記倍率調整手段を制御する手段とを有することを特徴とする請求項10の電子ビ-

ーム露光装置。

【請求項12】 前記縮小電子光学系は、前記被露光面内において複数の前記光源像を走査させる偏向手段と、偏向の際に発生する収差を補正するための偏向収差補正手段とを有することを特徴とする請求項1乃至4の電子ビーム露光装置。

【請求項13】 前記光源の大きさを変更する手段を有することを特徴とする請求項1乃至4の電子ビーム露光装置。

【請求項14】 前記補正電子光学系は、光源からの電子ビームを略平行にする電子光学系と、略平行となった前記電子ビームの一部から前記各中間像を形成するための複数の要素電子光学系とを有することを特徴とする請求項1の電子ビーム露光装置。

【請求項15】 前記縮小電子光学系の像面湾曲に応じて、各前記要素電子光学系の焦点距離が設定されることを特徴とする請求項14の電子ビーム露光装置。

【請求項16】 前記縮小電子光学系の歪曲に応じて、前記縮小電子光学系の光軸に直交する方向に関する各前記要素電子光学系の位置が設定されることを特徴とする請求項14の電子ビーム露光装置。

【請求項17】 前記縮小電子光学系の非点収差に応じて、各前記要素電子光学系の非点収差が設定されることを特徴とする請求項14、15の電子ビーム露光装置。

【請求項18】 前記要素電子光学系のそれぞれは、前記光源側に該要素電子光学系の光軸近傍に入射する電子ビームを遮蔽する開口絞りを有することを特徴とする請求項14乃至17の電子ビーム露光装置。

【請求項19】 前記要素電子光学系の焦点距離を切り替える手段を有し、前記要素電子光学系の焦点距離が予め決められた焦点距離の切り替わった際、前記要素電子光学系の前記被露光面側に該要素電子光学系に入射した該電子ビームを遮蔽する遮蔽絞りを有することを特徴とする請求項18の電子ビーム露光装置。

【請求項20】 前記遮蔽絞りは、前記縮小電子光学系の瞳に位置することを特徴とする請求項19の電子ビーム露光装置。

【請求項21】 前記要素電子光学系のそれぞれにおいて、前記光源側に該要素電子光学系に入射する略平行の電子ビームを偏向する手段と、該要素電子光学系に入射する該電子ビームが偏向された際、前記要素電子光学系の前記被露光面側に該電子ビームを遮蔽する遮蔽絞りとを有することを特徴とする請求項14乃至18の電子ビーム露光装置。

【請求項22】 前記遮蔽絞りは、前記縮小電子光学系の瞳に位置することを特徴とする請求項21の電子ビーム露光装置。

【請求項23】 複数の前記要素電子光学系を同一の基板上に形成したことを特徴とする請求項14乃至22の電子ビーム露光装置。

【請求項24】 請求項1乃至23の電子ビーム露光装置を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項25】 電子ビームを放射する光源の像を縮小電子光学系によって被露光面に縮小投影する電子ビーム露光方法において、

前記光源と前記縮小電子光学系の間に設けられた補正電子光学系によって、前記縮小電子光学系の光軸に直交する方向に前記光源の中間像を複数形成するとともに各中間像が前記縮小電子光学系によって前記被露光面に縮小投影される際に発生する収差を予め補正する段階を有することを特徴とする電子ビーム露光方法。

【請求項26】 前記各中間像が前記縮小電子光学系によって縮小投影される位置を検出する位置検出段階を有することを特徴とする請求項25の電子ビーム露光方法。

【請求項27】 前記位置検出段階の結果に基づいて、前記縮小電子光学系の光軸に方向に関する前記各中間像の位置を調整する段階を有することを特徴とする請求項26の電子ビーム露光方法。

【請求項28】 前記位置検出段階の結果に基づいて、前記縮小電子光学系の光軸と直交する方向に関する前記各中間像の位置を調整する段階を有することを特徴とする請求項26の電子ビーム露光方法。

【請求項29】 前記位置検出段階の結果に基づいて、前記縮小電子光学系の倍率を調整する段階を有することを特徴とする請求項26の電子ビーム露光方法。

【請求項30】 前記被露光面内において複数の前記光源像を走査させる偏向段階と、偏向の際に発生する収差を補正するための偏向収差補正段階を有することを特徴とする請求項25の電子ビーム露光方法。

【請求項31】 前記偏向収差補正段階は、記縮小電子光学系の光軸方向に関する前記各中間像の位置を調整する段階を有することを特徴とする請求項30の電子ビーム露光方法。

【請求項32】 請求項25乃至31の電子ビーム露光方法を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項33】 被露光面上を複数の電子ビームを同一移動量で移動させるとともに、前記被露光面に形成すべき露光パターンに応じて前記複数の電子ビームを個別に遮断させる電子ビーム露光方法において、
前記複数の電子ビームを移動させる際、次の移動位置で全ての前記複数の電子ビームが遮断される場合は前記次の移動位置以後の移動位置に前記複数の電子ビームを移動させることを予め設定する段階を有することを特徴とする電子ビーム露光方法。

【請求項34】 前記露光パターンに含まれる繰り返しパターンのピッチに応じて、前記複数の電子ビームの間隔を設定する段階を有することを特徴とする請求項33の電子ビーム露光方法。

【請求項35】 前記複数の電子ビームの間隔を前記露光パターンに含まれる繰り返しパターンのピッチの整数倍に設定する段階を有することを特徴とする請求項34の電子ビーム露光方法。

【請求項36】 請求項33乃至35の電子ビーム露光方法を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項37】 電子ビームを放射する光源と該電子ビームを被露光面に集束させる電子光学系とを有する電子ビーム露光装置において、

前記電子ビームが前記電子光学系の瞳面を通過する際、前記瞳面上での前記電子ビームの電子密度分布を周辺部の電子密度が中央部の電子密度より大とせしめる電子密度分布調整手段を有することを特徴とする電子ビーム露光装置。

【請求項38】 前記電子光学系は、前記被露光面に前記光源の像を縮小投影させることを特徴とする請求項37の電子ビーム露光装置。

【請求項39】 パターン透過孔が形成された基板を前記電子ビームによって照明する手段を有し、前記電子光学系は前記基板を透過した電子ビームを縮小投影させることを特徴とする請求項37の電子ビーム露光装置。

【請求項40】 前記電子密度分布調整手段は、前記電子光学系の瞳面もしくはそれと共役な位置に設けられている絞りであることを特徴とする請求項38乃至39の電子ビーム露光装置。

【請求項41】 請求項38乃至40の電子ビーム露光装置を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は電子ビーム露光装置及びその露光方法に関し、特にウエハ直接描画またはマスク、レチクル露光の為に、複数の電子ビームを用いてパターン描画を行う電子ビーム露光装置及びその露光方法に関する。

【0002】

【従来の技術】電子ビーム露光装置には、ビームをスポット状にして使用するポイントビーム型、サイズ可変の矩形断面にして使用する可変矩形ビーム型、ステンシルを使用して所望断面形状にするステンシルマスク型等の装置がある。

【0003】ポイントビーム型の電子ビーム露光装置ではスループットが低いので、研究開発用にしか使用されていない。可変矩形ビーム型の電子ビーム露光装置では、ポイント型と比べるとスループットが1～2桁高いが、0.1 μ m程度の微細なパターンが高集積度で詰まったパターンを露光する場合などではやはりスループットの点で問題が多い。他方、ステンシルマスク型の電子ビーム露光装置は、可変矩形アパーチャに相当する部分に複

数の繰り返しパターン透過孔を形成したステンシルマスクを用いる。従って、ステンシルマスク型の電子ビーム露光装置では繰り返しパターンを露光する場合のメリットが大きく、可変矩形ビーム型に比べてスループットが向上される。

【0004】

【発明が解決しようとしている課題】図2に、ステンシルマスクを備えた電子ビーム露光装置の概要を示す。電子銃501からの電子ビームは、ステンシルマスクの電子ビーム照射領域を規定する第1アパーチャ502に照射される。第1アパーチャによって規定される照明用の電子ビームが投影電子レンズ503を介して第2アパーチャ504上のステンシルマスクを照射し、ステンシルマスクに形成された繰り返しパターン透過孔からの電子ビームを縮小電子光学系505によってウエハ506上に縮小投影する。更に偏向器507により繰り返しパターン透過孔の像がウエハ上を移動し、順次露光される。

【0005】ステンシルマスク型は、繰り返しパターンを一時に露光でき、露光速度を上げることができる。しかしステンシルマスク型は、図3に示すように、複数のパターン透過孔を持つものの、そのパターンは露光パターンに合わせて、事前にステンシルマスクとして形成しなければならない問題がある。

【0006】また、空間電荷効果及び縮小電子光学系の収差の為、一時に露光できる露光領域には限りがあるので、1枚のステンシルマスクに納まらない多数の転写パターンが必要な半導体回路に対しては、複数枚のステンシルマスクを作成しておいてそれを1枚ずつ取り出して使用する必要があり、マスク交換の時間が必要になるため、著しくスループットが低下するという問題がある。

【0007】またステンシルマスクに、大きさの異なるパターンある場合、もしくは大きさの異なるパターンが結合されたような1つのパターンがある場合、パターンの大きさに応じて、空間電荷効果による露光パターンのぼけが異なる。そのぼけをリフォーカシングにより補正しようとしてもパターンの大きさによりリフォーカス量が異なり、実質的に上述のようなパターンはステンシルマスクのパターンとして使用出来ないという問題がある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は前記した従来の問題点に鑑みてなされたものであり、その第1の目的は、ステンシルマスクを用いずに、空間電荷効果及び縮小電子光学系の収差の影響を低減して一時に露光できる露光領域を拡大して、スループットの高い電子ビーム露光装置を提供することにある。

【0009】第2の目的は、ステンシルマスクに使用できるパターンの制限がない電子ビーム露光装置を提供することにある。

【0010】(1) 本発明の電子ビーム露光装置のある

形態は、電子ビームを放射する光源と被露光面に該光源の像を縮小投影する縮小電子光学系とを有する電子ビーム露光装置において、前記光源と前記縮小電子光学系の間に設けられ、前記縮小電子光学系の光軸に直交する方向に前記光源の中間像を複数形成し、各中間像が前記縮小電子光学系によって前記被露光面に縮小投影される際に発生する収差を予め補正する補正電子光学系を有することを特徴とする。

【0011】(1-1) 前記補正電子光学系は、前記縮小電子光学系の像面湾曲に応じて前記縮小電子光学系の光軸方向に関する前記各中間像の位置を設定することを特徴とする。

【0012】(1-2) 前記補正電子光学系は、前記縮小電子光学系の歪曲に応じて前記縮小電子光学系の光軸に直交する方向に関する前記各中間像の位置を設定することを特徴とする。

【0013】(1-3) 前記各中間像毎に、前記中間像を形成する電子ビームが前記被露光面に到達しないように該電子ビームを遮断する手段を有することを特徴とする。

【0014】(1-4) 前記被露光面に露光されるべきパターンに応じて、前記遮断手段を制御する制御手段を有することを特徴とする。

【0015】(1-5) 前記縮小電子光学系の光軸に直交する方向に関する前記各中間像の位置を調整する第1位置調整手段を有することを特徴とする。

【0016】(1-6) 前記各中間像が前記縮小電子光学系によって縮小投影される位置を検出する位置検出手段と、該位置検出手段の結果に基づいて前記各中間像が予め決められた位置に位置するように前記第1位置調整手段を制御する手段とを有することを特徴とする。

【0017】(1-7) 前記縮小電子光学系の光軸方向に関する各中間像の位置を調整する第2位置調整手段を有することを特徴とする。

【0018】(1-8) 前記各中間像が前記縮小電子光学系によって縮小投影される位置を検出する位置検出手段と、該位置検出手段の結果に基づいて前記第2位置調整手段を制御する手段とを有することを特徴とする。

【0019】(1-9) 前記縮小電子光学系は、該縮小電子光学系の倍率を調整する倍率調整手段を有することを特徴とする。

【0020】(1-10) 前記各中間像が前記縮小電子光学系によって縮小投影される位置を検出する位置検出手段と、該検出手段の結果に基づいて前記倍率調整手段を制御する手段とを有することを特徴とする。

【0021】(1-11) 前記縮小電子光学系は、前記被露光面内において複数の前記光源像を走査させる偏向手段と、偏向の際に発生する収差を補正するための偏向収差補正手段とを有することを特徴とする。

【0022】(1-12) 前記光源の大きさを変更する手段

を有することを特徴とする。

【0023】(1-13) 前記補正電子光学系は、光源からの電子ビームを略平行にする電子光学系と、略平行となった前記電子ビームの一部から前記各中間像を形成するための複数の要素電子光学系とを有することを特徴とする。

【0024】(1-14) 前記縮小電子光学系の像面湾曲に応じて、各前記要素電子光学系の焦点距離が設定されることを特徴とする。

【0025】(1-15) 前記縮小電子光学系の歪曲に応じて、前記縮小電子光学系の光軸に直交する方向に関する各前記要素電子光学系の位置が設定されることを特徴とする。

【0026】(1-16) 前記縮小電子光学系の像面内において前記要素電子光学系介して形成される前記光源像の位置と前記縮小電子光学系の非点収差に応じて、各前記要素電子光学系の非点収差が設定されることを特徴とする。

【0027】(1-17) 前記要素電子光学系のそれぞれにおいて、前記光源側に該要素電子光学系の光軸近傍に入射する電子ビームを遮蔽する開口絞りを有することを特徴とする。

【0028】(1-18) 前記要素電子光学系の焦点距離を切り替える手段を有し、前記要素電子光学系の焦点距離が予め決められた焦点距離の切り替わった際、前記要素電子光学系に対して前記被露光面側に該要素電子光学系に入射した該電子ビームを遮蔽する遮蔽絞りを有することを特徴とする。

【0029】(1-19) 前記遮蔽絞りは、前記縮小電子光学系の瞳に位置することを特徴とする。

【0030】(1-20) 前記要素電子光学系のそれぞれにおいて、前記光源側に該中間像電子レンズ系に入射する略平行の電子ビームを偏向する手段と、該中間像電子レンズ系に入射する該電子ビームが偏向された際、前記要素電子光学系に対して前記被露光面側に該電子ビームを遮蔽する遮蔽絞りとを有することを特徴とする。

【0031】(1-21) 前記遮断絞りは、前記縮小電子光学系の瞳に位置することを特徴とする。

【0032】(1-22) 複数の前記要素電子光学系を同一の基板上に形成したことを特徴とする。

【0033】(2) 本発明の電子ビーム露光方法のある形態は、電子ビームを放射する光源の像を縮小電子光学系によって被露光面に縮小投影する電子ビーム露光方法において、前記光源と前記縮小電子光学系の間に設けられた補正電子光学系によって、前記縮小電子光学系の光軸に直交する方向に前記光源の中間像を複数形成するとともに各中間像が前記縮小電子光学系によって前記被露光面に縮小投影される際に発生する収差を予め補正する段階を有することを特徴とする。

【0034】(2-1) 前記各中間像が前記縮小電子光学

系によって縮小投影される位置を検出する位置検出段階を有することを特徴とする。

【0035】(2-2) 前記位置検出段階の結果に基づいて、前記縮小電子光学系の光軸に方向に関する前記各中間像の位置を調整する段階を有することを特徴とする。

【0036】(2-3) 前記位置検出段階の結果に基づいて、前記縮小電子光学系の光軸と直交する方向に関する前記各中間像の位置を調整する段階を有することを特徴とする請求項26の電子ビーム露光方法。

【0037】(2-4) 前記位置検出段階の結果に基づいて、前記縮小電子光学系の倍率を調整する段階を有することを特徴とする請求項26の電子ビーム露光方法。

【0038】(2-5) 記縮小電子光学系の像面内において複数の前記光源像を走査させる偏向段階と、偏向の際に発生する収差を補正するための偏向収差補正補正段階とを有することを特徴とする。

【0039】(2-6) 前記偏向収差補正段階は、記縮小電子光学系の光軸方向に関する前記各中間像の位置を調整する段階を有することを特徴とする。

【0040】(3) 本発明の電子ビーム露光方法のある形態は、被露光面上を複数の電子ビームを同一移動量で移動させるとともに、前記被露光面に形成すべき露光パターンに応じて前記複数の電子ビームを個別に遮断させる電子ビーム露光方法において、前記複数の電子ビームを移動させる際、次の移動位置で全ての前記複数の電子ビームが遮断される場合は前記次の移動位置以後の移動位置に前記複数の電子ビームを移動させることを予め設定する段階を有することを特徴とする。

【0041】(3-1) 前記露光パターンに含まれる繰り返しパターンのピッチに応じて、前記複数の電子ビームの間隔を設定する段階を有することを特徴とする請求項34の電子ビーム露光方法。

【0042】(3-2) 前記複数の電子ビームの間隔を前記露光パターンに含まれる繰り返しパターンのピッチの整数倍に設定する段階を有することを特徴とする請求項35の電子ビーム露光方法。

【0043】(4) 本発明の電子ビーム露光装置のある形態は、電子ビームを放射する光源と該電子ビームを被露光面に集束させる電子光学系とを有する電子ビーム露光装置において、前記電子ビームが前記電子光学系の瞳面を通過する際、前記瞳面上での前記電子ビームの電子密度分布を周辺部の電子密度が中央部の電子密度より大とせしめる電子密度分布調整手段を有することを特徴とする。

【0044】(4-1) 前記電子光学系は、前記被露光面に前記光源の像を縮小投影させることを特徴とする。

【0045】(4-2) パターン透過孔が形成された基板を前記電子ビームによって照明する手段を有し、前記電子光学系は前記基板を透過した電子ビームを縮小投影させることを特徴とする。

【0046】(4-3)前記電子密度分布調整手段は、前記電子光学系の瞳面もしくはそれと共役な位置に設けられている絞りであること特徴とする。

【0047】

【発明の実施の形態】

〔原理の説明〕図4は、本発明の原理を説明する図である。PLは縮小電子光学系で、AXは縮小電子光学系PLの光軸である。また、01,02,03は電子を放射する点光源であり、I1,I2,I3は、各点光源に対応する点光源像である。

【0048】図4(A)において、縮小電子光学系PLの物体側であって、光軸AXと垂直な面に位置する点光源01,02,03から放射される電子は、縮小電子光学系PLを介して像側に各点光源に対応した点光源像I1,I2,I3を形成する。その際、点光源像I1,I2,I3は縮小電子光学系の収差(像面湾曲)により光軸AXと垂直である同一面内に形成されない。

【0049】そこで、図4(B)に示すように、本発明では、点光源像I1,I2,I3を光軸AXと垂直である同一面内に形成される様に、点光源01,02,03の光軸方向の位置を縮小電子光学系の収差(像面湾曲)に応じて、それぞれ予め異ならしめている。更に縮小電子光学系は物体側の光源の位置によって収差(非点、コマ、歪曲)が異なるので、それに応じて光源を予め歪ませれば、より所望の光源像が同一面内に形成される。

【0050】よって、本発明では、縮小電子光学系の物体側に光源の中間像を複数形成し、各中間像が前記縮小電子光学系によって被露光面に縮小投影される際に発生する収差を予め補正する補正電子光学系を設けることにより、広い露光領域に所望の形状を有する光源像を同時に多く形成することができる。

【0051】当然のことであるが、前述の複数の中間像は一つの光源から形成されることに限定されず、複数の光源から複数の中間像を形成しても構わない。

【0052】以下、本発明を実施例を用いて詳しく説明する。

【0053】(実施例1)

〔露光系の構成要素説明〕図1は本発明に係る電子ビーム露光装置の実施例1を示す図である。

【0054】図1において、1は、カソード11、グリッド12、アノード13よりなる電子銃であって、カソード11から放射された電子はグリッド12、アノード13の間でクロスオーバー像を形成する。

【0055】この電子銃1は、グリッド電圧を変化させる機能を有することによりクロスオーバー像の大きさを変えられる。

【0056】また、このクロスオーバー像を拡大又は縮小するもしくは整形する電子光学系(不図示)を設けることにより、拡大また縮小もしくは整形されたクロスオーバー像が得られ、それによりクロスオーバー像の大きさ・形状が変えられる。(以下、これらのクロスオーバー像を光

源と記す)

【0057】この光源から放射される電子は、その前側焦点位置が前記光源位置にあるコンデンサーレンズ2によって略平行の電子ビームとなる。略平行な電子ビームは、複数の要素電子光学系(31,32)(要素電子光学系の数はできるだけ多いことが望ましい。しかしながら、説明を簡略化するためにこの二要素電子光学系を図示し、説明の対象とする)が光軸に直交する方向に複数配列された補正電子光学系3に入射する。補正電子光学系3を構成する複数の要素電子光学系(31,32)の詳細については後述する。

【0058】補正電子光学系3は、光源の中間像(MI1,MI2)を複数形成し、各中間像は縮小電子光学系4によってウエハ5に光源像(I1,I2)を形成する。その際、ウエハ5上の光源像の間隔が光源像の大きさの整数倍になるように、補正電子光学系3の各要素は設定されている。更に、補正電子光学系3は、各中間像の光軸方向の位置を縮小電子光学系4の像面湾曲に応じて異ならせるとともに、各中間像が縮小電子光学系4によってウエハ5に縮小投影される際に発生する収差を予め補正している。

【0059】また、縮小電子光学系4は、第1投影レンズ41と第2投影レンズ42とからなる対称磁気タブレットである。第1投影レンズ41の焦点距離を f_1 、第2投影レンズ42の焦点距離を f_2 とすると、この2つのレンズ間距離は f_1+f_2 になっている。光軸上AXの中間像は第1投影レンズ41の焦点位置にあり、その像は第2投影レンズの焦点に結ぶ。この像は $-f_2/f_1$ に縮小される。また、2つのレンズ磁界が互いに逆方向に作用する様に決定されているので、理論上は、球面収差、等方性非点収差、等方性コマ収差、像面湾曲収差、軸上色収差の5つの収差を除いて他のザイデル収差および回転と倍率に関する色収差が打ち消される。

【0060】6は、複数の中間像からの電子ビームを偏向させて、複数の中間像の像をウエハ5上でX,Y方向に移動させる偏向器である。偏向器6は、収束磁界とMOL条件を満足する偏向磁界により偏向させるMOL(moving object lens)型の電磁偏向器61と、電界により偏向させる静電偏向器62とで構成されている。光源像の移動距離に応じて電磁偏向器61と静電偏向器62は使い分けられる。7は、偏向器を作動させた際に発生する偏向収差によるフォーカス位置のずれを補正するダイナミックフォーカスコイルであり、8は、同様に偏向により発生する非点収差を補正するダイナミックスティグコイルである。

【0061】91,92は、補正電子光学系で形成された複数の中間像からの電子ビームを平行移動(X,Y方向)もしくは偏向(Z軸に対する傾き)させる複数の静電偏向器で構成される偏向器である。

【0062】10は、X方向およびY方向にのびる2つシングルナイフエッジを有するファラデーカップである。

【0063】11は、ウエハ5を載置して移動するXYZ

方向に移動可能なXYZステージで、ステージ駆動制御装置23で制御される。

【0064】ウエハステージに固設されたファラデーカップ10は、XYZステージの位置を検出するレーザ干渉光学系20と共同して、要素電子光学系からの電子ビームが形成する光源像の電荷量をナイフエッジを介して移動しながら検出することにより、光源像の大きさ、その位置(X、Y、Z)、及び要素電子光学系から照射される電流が検出できる。

【0065】次に、図5を用いて補正電子光学系3を構成する要素電子光学系について説明する。

【0066】図5(A)において、301は一对の電極で構成され、偏向機能を有するブランキング電極であり、302は、透過する電子ビームの形状を規定する開口(AP)を有する開口絞りで、その上にブランキング電極301と電極on/ofするための配線(W)が形成されている。303は、3つの開口電極で構成され、上下の電極を加速電位V0と同じにし、中間の電極を別の電位V1に保った収斂機能を有するユニポテンシャルレンズである。304はユニポテンシャルレンズ302の焦点面上に位置するブランキング開口である。

【0067】コンデンサーレンズ2で略平行にされた電子ビームは、ブランキング電極301と開口(AP)を介し、ユニポテンシャルレンズ302によって、ブランキング開口304上に光源の中間像(MI)を形成する。この時、ブランキング開口304の電極間に電界をかけていないと電子ビーム束305の様にブランキング開口304の開口を透過する。一方、ブランキング開口304の電極間に電界をかけると電子ビーム束306の様にブランキング開口304によって遮断される。また、電子光束305と電子ビーム束306は、ブランキング開口304上(縮小電子光学系の物体面)で互いに異なる角度分布を有するので、図5(B)のように縮小電子光学系の瞳位置(図1のP面上)では電子ビーム束305と電子ビーム束306は互いに異なる領域に入射される。したがって、ブランキング開口304を設ける代わりに電子ビーム束305だけを透過させるブランキング開口304'を縮小電子光学系の瞳位置(図1のP面上)に設けても構わない。それにより補正電子光学系3を構成する他の要素電子光学系のブランキング開口と共用できる。

【0068】本実施例では、収斂作用を有するユニポテンシャルレンズを用いたが、発散作用を有するバイポテンシャルレンズを用いて、虚像の中間像を形成しても構わない。

【0069】図1に戻って説明する。補正電子光学系3は、上述した要素電子光学系のそれぞれが形成する中間像の光軸方向の位置が縮小電子光学系4の像面湾曲に応じて異ならしめている。その具体的手段の1つとして、各要素電子光学系を同一のものにし、各要素電子光学系の光軸方向の位置を変えて設置する。もう一つの方法と

して、各要素電子光学系を同一平面上に設置し、各要素電子光学系の特にユニポテンシャルレンズの電子光学特性(焦点距離、主面位置)を異ならしめて、各中間像の光軸方向の位置を変えるのである。本実施例で採用している後者について、図6を用いて詳細に説明する。

【0070】図6において、2つの同一形状の開口(AP1, AP2)を有する開口しぼり302上に開口毎にブランキング電極が形成されブランキングアレイを構成している。そして、各ブランキング電極は個別に配線され独立に電界をon/offできる。(図7参照)

【0071】ユニポテンシャルレンズ303-1、303-2は、電極が形成された3枚のインシュレータ307、308、309を張り合わせられてレンズアレイを構成している。上下の電極(303U, 303D)は共通電位に(図8参照)、中間電極(303M)は個別に電位が設定できるように(図9参照)配線されている。ブランキングアレイとレンズアレイは、インシュレータ310を介在させて一体構造となっている。

【0072】そして、ユニポテンシャルレンズ303-1、303-2の電極形状は同じであるが、中間電極の電位を異ならせているために焦点距離が異なる。よって、電子ビーム束311、312のように各中間像(MI1, MI2)の光軸方向の位置は異なる。

【0073】また、各中間像が縮小電子光学系4によって被露光面に縮小投影される際に発生する非点収差を補正するために、各要素電子光学系は逆の非点収差を発生させている。逆の非点収差を発生させるためユニポテンシャルレンズを構成する開口電極の形状を歪ませている。図10に示すように、ユニポテンシャルレンズ303-1のように開口電極形状が円形であるればM方向に分布する電子もS方向に分布する電子も略同じ位置313に中間像を形成する。しかしながらユニポテンシャルレンズ303-3のように開口電極形状が楕円形であると、M方向(短径方向)に分布する電子は、位置314に中間像を形成し、S方向(長径方向)に分布する電子は、位置315に中間像を形成する。

【0074】よって、縮小電子光学系4の非点収差に応じて、各要素電子光学系のユニポテンシャルレンズの開口電極形状を変えることにより、各中間像が縮小電子光学系4によって被露光面に縮小投影される際に発生する非点収差を補正できる。

【0075】さらに、各中間像が縮小電子光学系4によって被露光面に縮小投影される際に発生するコマ収差を補正するために、各要素電子光学系は逆のコマ収差を発生させている。逆のコマ収差を発生させるために、一つ方法として、各要素電子光学系は、開口絞りで302上の開口の中心をユニポテンシャルレンズ303の光軸に対して偏心させている。もう一つ方法として、各要素電子光学系形成された複数の中間像からの電子ビームを偏向器(91、92)によって個別に偏向させている。

【0076】さらに、複数の中間像が縮小電子光学系4によって被露光面に縮小投影される際に発生する歪曲収差を補正するために、予め縮小電子光学系4の歪曲特性を知り、それに基づいて、縮小電子光学系4の光軸と直交する方向の各要素電子光学系の位置を設定している。

【0077】〔動作の説明〕各要素電子光学系(31、32)によってウエハ5上に形成される光源像(I1、I2)は、図11(A)に示すように、各要素電子光学系の走査フィールドを各基準位置(A、B)を起点として一定の同一移動量を偏光器6により得て、ウエハを露光し、順に(図中の矢印のように)つぎの露光位置に偏向されウエハを露光する。同図において各升目は、一つの光源像が露光する領域を示し、ハッチングされた升目が露光するべき領域であり、ハッチングされていない升目が露光しない領域であることを示す。

【0078】CPU12は、図11(A)のような露光パターンのパターンデータが入力されると、各要素電子光学系毎の走査フィールドに分割し、図11(B)に示すように、各走査フィールド毎の起点位置(A、B)を基準とした露光位置の位置データ(dx、dy)と、その露光位置における、各走査フィールド毎に露光するかどうかの露光データ(ハッチングされた升目を1、ハッチングされていない升目を0とする)とを一組の露光制御データとする。そして、露光制御データを露光順に並べた露光制御データファイルを作成する。(各要素電子光学系の走査フィールドは各基準位置(A、B)を起点として一定の同一移動量を偏光器6により得ているので、一つの位置データに対し複数の走査フィールドの露光データが組み合わせられる。)

【0079】更に、露光制御データの中で、すべての走査フィールドで露光しないすなわちすべての露光データが0である露光制御データは削除し(図11(B)のDELで囲まれた露光データ)、図11(C)に示すような露光制御データファイルに作成し直す。そして、その露光制御データファイルをインターフェース13を介してメモリ19に記憶させる。

【0080】また、入力されるパターンがある特定の周期(ピッチ)の繰り返しパターンが多い場合(例えば、セルピッチに対応した周期のパターンが多いDRAMの回路パターン)は、各走査フィールドの起点位置間隔がその特定の周期(ピッチ)の整数倍になるように各走査フィールドの起点位置(ウエハ上での、各要素電子光学系を介して形成される光源位置の間隔)を設定する。それにより、すべての露光データが0である露光制御データが増加し、よりデータが圧縮できる。その具体的方法としては、縮小電子光学系4の倍率を調整する方法(第1投影レンズ41と第2投影レンズ42のそれぞれの焦点距離を倍率調整回路22によって変化させる)と、各要素電子光学系が形成する中間像位置を偏向器91、92によって調整する方法とがある。

【0081】また、ウエハ5上に既にパターンが形成されていて、そのパターンに本装置に入力されたパターンを重ね焼きする場合、ウエハが重ね焼きする以前に通ったプロセスによりウエハが伸縮し、既に形成されているパターンも伸縮していることがある。そこで、本装置では、図示されていないアライメント装置(ウエハマーク位置検出装置)により、ウエハ5上の少なくとも2つウエハアライメントマークの位置を検出し、既に形成されているパターンの伸縮率を検出する。そして検出された伸縮率に基づいて、縮小電子光学系4の倍率を倍率調整回路22により調整し光源像の間隔を伸縮させるとともに、偏光器6のゲインを偏向制御回路21により調整して光源像の移動量を伸縮させる。よって、伸縮を受けたパターンに対しても、良好な重ね焼きが達成できる。

【0082】再度、図1にもどり、本実施例の動作について説明する。CPU12により、露光システムのキャリブレーション命令が出されると、シーケンスコントローラ14は、フォーカス制御回路15を介して、補正電子光学系3の各要素電子光学系が形成する中間像の光軸方向の位置を予め決められた位置に設定する様に各要素電子光学系の中間電極の電位を設定する。

【0083】そして、システムコントローラ14は、要素電子光学系31からの電子ビームだけがXYZステージ11側に照射するようにブランキング制御回路16を制御して、要素電子光学系31以外のブランキング電極を作動させる(ブランキングon)。同時に駆動制御装置17によってXYZステージ11を駆動させ、要素電子光学系31からの電子ビームにより形成される光源像近傍にファラデーカップ10を移動させ、その時のXYZステージ11の位置をレーザ干渉計20によって検出する。そして、XYZステージ11の位置の検出およびXYZステージの移動をしながら要素電子光学系31からの電子ビームにより形成される光源像をファラデーカップ10で検出して、その光源像の位置、大きさ、照射される電流を検出する。その光源像が予め決められた大きさになる位置(X1、Y1、Z1)とその時の照射される電流I1を検知する。

【0084】つぎに、要素電子光学系32からの電子ビームだけがXYZステージ11側に照射するようにブランキング制御回路16を制御して、要素電子光学系32以外のブランキング電極を作動させる。同時に駆動制御装置17によってXYZステージ11を駆動させ、要素電子光学系31からの電子ビームにより形成される光源像近傍にファラデーカップ10を移動させ、その時のXYZステージ11の位置をレーザ干渉計20によって検出する。そして、XYZステージ11の位置の検出およびXYZステージの移動をしながら要素電子光学系32からの電子ビームにより形成される光源像をファラデーカップ10で検出して、その光源像の位置、大きさ、その時の照射される電流を検出する。その光源像が予め決められた大きさになる位置(X2、Y2、Z2)とその時の照射電流I2を検知する。

【0085】そして、検出結果に基づいて、シーケンスコントローラは、要素電子光学系31、32からの電子ビームにより形成される各光源像のXY方向の位置を予め決められた相対的位置関係に位置させる為に、光軸アライメント制御回路18を介して、偏向器91、92により各中間像をXY方向に平行移動させる。また、要素電子光学系31、32からの電子ビームにより形成される各光源像のZ方向の位置を予め決められた範囲内に位置させる為にフォーカス制御回路15を介して各要素電子光学系の中間電極の電位を設定しなおす。さらに、検出された各要素電子光学系のウエハ上に照射する電流をメモリ19に記憶させる。

【0086】次に、CPU12の命令によりパターン露光が開始されると、シーケンスコントローラ14は、予めメモリ19に入力されたウエハ5に塗布されたレジストの感度と、前述したようにメモリ19に記憶された各要素電子光学系毎のウエハ上への照射電流とに基づいて、各要素電子光学系が形成する光源像の露光位置での露光時間（露光位置での光源像の滞在時間）を、要素電子光学系毎に算出し、ブランキング制御回路16に送信する。また、シーケンスコントローラ14は、前述したようにメモリ19に記憶されている露光制御ファイルをブランキング制御回路16に送信する。ブランキング制御回路16では、要素電子光学系毎のブランキングOFF時間（露光時間）を設定し、また送信されてきた露光制御ファイルの中にある、要素電子光学系毎の露光データと要素電子光学系毎のブランキングOFF時間（露光時間）とに基づいて、図12に示すようなブランキング信号を各要素電子光学系に偏向制御回路21と同期して送信し、要素電子光学系毎の露光タイミング、露光量が制御される。（フィールド1に比べフィールド2の方が各露光位置での露光時間が長い）

【0087】また一方、シーケンスコントローラ14は、前述したようにメモリ19に記憶されている露光制御ファイルを偏向制御回路21に送信する。偏向制御回路2では、送信されてきた露光制御ファイルの中にある、位置データに基づいて、偏向制御信号、フォーカス制御信号、非点補正信号のそれぞれをD/Aを介して偏向器6、ダイナミックフォーカスコイル7、ダイナミックスティグコイル8にブランキング制御回路16と同期して送信、ウエハ上での複数の光源像の位置が制御される。

【0088】偏向器を作動させた際に発生する偏向収差によるフォーカス位置のずれをダイナミックフォーカスコイルだけでは補正しきれない場合は、光源像のZ方向の位置を予め決められた範囲内に位置させる為にフォーカス制御回路15を介して各要素電子光学系の中間電極の電位を調整して中間像の光軸方向の位置を変えても良い。

【0089】〔要素電子光学系の他の実施例1〕図13(A)を用いて要素電子光学系の他の実施例1について説

明する。同図中、第5図と同一構成要素には同一符号を付し、その説明は省略する。

【0090】図5の要素電子光学系と大きく異なる点は、開口絞り上の開口形状、ブランキング電極である。この開口(AP)は、ユニポテンシャルレンズ303の光軸近傍に入射する電子ビームを遮蔽し、ホロビーム（中空円筒ビーム）状の電子ビームを形成するものである。ブランキング電極321はこの開口形状に適したブランキング電極で、一對の円筒電極により構成されている。

【0091】コンデンサーレンズ2で略平行にされた電子ビームは、ブランキング電極321と開口絞り322を介し、ユニポテンシャルレンズ302によって、ブランキング開口304上に光源の中間像を形成する。この時、ブランキング開口304の電極間に電界をかけていないと電子ビーム束323の様にブランキング開口304の開口を透過する。一方、ブランキング開口304の電極間に電界をかけると電子ビームは偏向され、電子ビーム束324の様にブランキング開口304によって遮断される。また、電子ビーム束323と電子光束324は、ブランキング開口304上（縮小電子光学系の物体面）で互いに異なる角度分布を有するので、図13(B)ように縮小電子光学系の瞳位置（図1のP）では電子ビーム束323と電子ビーム束324は互いに異なる領域に入射される。したがって、ブランキング開口304を設ける代わりに電子ビーム束323だけを透過させるブランキング開口304'を縮小電子光学系の瞳位置に設けても構わない。それにより補正電子光学系3を構成する他の要素電子光学系のブランキング開口と共用できる。

【0092】また、ホロビーム（中空円筒ビーム）状の電子ビームは、中空でない電子ビーム（例えばガウスビーム）に比べ空間電荷効果が小さいので、電子ビームをウエハ上に集束してぼけの小さい光源像がウエハ上に形成できる。すなわち、各要素電子光学系からの電子ビームが縮小電子光学系4の瞳面Pを通過する際、瞳面上での電子ビームの電子密度分布を周辺部の電子密度が中央部の電子密度より大とせしめることにより、上記効果が得られる。そしてそのような瞳面P上での電子密度分布は、本実施例のように縮小電子光学系4の瞳面Pとほぼ共役位置に設けられた開口絞り320上の開口（中心部が遮光された開口）によって達成できる。

【0093】〔要素電子光学系の他の実施例2〕次に、図14(A)を用いて要素電子光学系の他の実施例2について説明する。同図中、図5または図13と同一構成要素には同一符号を付し、その説明は省略する。

【0094】図5の要素電子光学系と大きく異なる点は、開口絞り上の開口形状（図13(A)の開口絞りと同形状）、ブランキング電極がない点である。

【0095】コンデンサーレンズ2で略平行にされた電子ビームは、開口絞り322を介し、ユニポテンシャルレンズ302によって、ブランキング開口304上に光源の中

間像を形成する。この時、ユニポテンシャルレンズ302の中間電極を所定の電位にしておけば電子ビームは収斂され電子ビーム束330の様にブランキング開口304の開口を透過する。一方、ユニポテンシャルレンズ302の中間電極を他の電極の電位と同じにすると電子ビームは収斂されず、電子ビーム束331の様にブランキング開口304によって遮断される。ユニポテンシャルレンズ302の中間電極の電位を変化させることによりブランキングが制御できる。

【0096】また、電子ビーム束331と電子ビーム束332は、ブランキング開口304上（縮小電子光学系の物体面）で互いに異なる角度分布を有するので、図14(B)のように縮小電子光学系の瞳位置（図1のP）では電子光束330と電子光束331は互いに異なる領域に入射される。したがって、ブランキング開口304を設ける代わりに電子ビーム束330だけを透過させるブランキング開口304'を縮小電子光学系の瞳位置に設けても構わない。それにより補正電子光学系3を構成する他の要素電子光学系のブランキング開口と共用できる。

【0097】（実施例2）

〔露光系の構成要素説明〕図15は本発明に係る電子ビーム露光装置の実施例2を示す図である。同図中、図1と同一構成要素には同一符号を付し、その説明は省略する。

【0098】図15において、電子銃1の光源から放射される電子は、その前側焦点位置が前記光源位置にあるコンデンサーレンズ2によって略平行の電子ビームとなる。略平行な電子ビームは、第13図で説明された要素電子光学系が光軸に直交する方向に複数配列して形成された要素電子光学系アレイ130（実施例1の補正電子光学系3に相当する）に入射し、複数の中間像を形成する。要素電子光学系アレイ130は、同一の電子光学特性を有する要素電子光学系が複数配列されたサブアレイが複数あり、少なくとも2つのサブアレイ間では、それぞれに属する要素電子光学系の電子光学特性が異なる。要素電子光学系アレイ130の詳細については後述する。

【0099】140はサブアレイに入射する電子ビームを偏向（Z軸に対する傾き）させる偏向器であり、サブアレイ毎に設置されている。偏向器140の機能は、コンデンサーレンズ2の収差により異なる位置のサブアレイに入射する電子ビームの入射角の違いをサブアレイ毎に補正するものである。

【0100】150はサブアレイが形成する複数中間像の電子ビームを平行移動（X、Y方向）及び偏向（Z軸に対する傾き）する偏向器である。実施例1の91、92に相当するもので、その違いはサブアレイからの複数の電子ビームをまとめて平行移動及び偏向する点である。

【0101】要素電子光学系アレイ130によって形成された複数の中間像は、縮小電子光学系100と縮小電子光学系4によってウエハ5に縮小投影される。

【0102】本実施例では、露光装置を大型化せずにその縮小率を小さくする為に2段階の縮小を採用している。縮小電子光学系100は、縮小電子光学系4と同様に第1投影レンズ101と第2投影レンズ102によって構成されている。すなわち、縮小電子光学系4と縮小電子光学系100とで一つの縮小電子光学系を構成している。

【0103】110は、リフォーカスコイルで、要素電子光学系アレイからの電子ビームの数が多くなると実質的に縮小電子光学系に入射するビームサイズが大きくなり、空間電荷効果により光源像にぼけが発生するので、これを補正するために、シーケンスコントローラ14から得たウエハに照射する光源像の数（offになるブランキング電極の数）に基づいて、フォーカス位置を制御するものである。

【0104】120は、縮小電子光学系100の瞳面に位置し、要素電子光学系アレイを構成する要素電子光学系の共通のブランキング開口であり、第13図の304'に相当する。

【0105】次に、図16を用いて要素電子光学系アレイ130について説明する。同図は要素電子光学系アレイ130を電子銃1側から見た図である。

【0106】要素電子光学系アレイ130は、図13で説明された要素電子光学系を配列したもので、複数の開口とそれに対応するブランキング電極及びその配線が一つの基板上に形成されたブランキングアレイと、ユニポテンシャルレンズを構成する電極をインシュレータを介在させて一つの基板に積層させたレンズアレイとで構成され、各開口とそれに対応するユニポテンシャルレンズが向かい合うようにブランキングアレイとレンズアレイとを位置させ結合されている。

【0107】130A～130Gは、複数の要素電子光学系で構成されているサブアレイである。例えばサブアレイ130Aでは要素電子光学系130A-1から130A-16の16個の要素電子光学系が形成されている。そして一つのサブアレイ内では補正する収差量はほぼ同じか、許容範囲内であるので、要素電子光学系130A-1から130A-16のユニポテンシャルレンズは、同一開口電極形状で同一の電位が印可されている。よって電極に個別の電位を印可するための配線が不要となっている。但し、ブランキング電極は、実施例1同様個別の配線が必要である。

【0108】もちろんサブアレイを更に複数のサブサブアレイに分け、サブサブアレイ毎に要素電子光学系の電子光学特性（焦点距離、非点収差、コマ収差等）を同一にしても良い。もちろんその時はサブサブアレイ毎に中間電極の配線が必要となる。

【0109】〔動作の説明〕実施例1と異なる点に関し説明する。

【0110】まず、露光システムの校正キャリブレーションをする場合、実施例1では、全ての光源像について、その光源像が予め決められた大きさになる位置（X、

Y,Z)とその時の照射電流Iを検知していたが、本実施例では、サブアレイを代表する少なくとも1の光源像を検出する。その検出結果に基づいて、シーケンスコントローラは、サブアレイを代表する要素電子光学系の各光源像のXY方向の位置を予め決められた相対的位置関係に位置させる為に、光軸アライメント制御回路18を介して、偏向器150によりサブアレイ内の各中間像を縮小電子光学系の光軸と直交する方向に同じ量だけ平行移動させる。また、そのサブアレイを代表する要素電子光学系の各光源像のZ方向の位置を予め決められた範囲内に位置させる為に、フォーカス制御回路15を介して各サブアレイの中間電極の電位を設定しなおす。さらに、検出されたサブアレイ代表の要素電子光学系の照射電流を、同一のサブアレイ内の各要素電子光学系の照射電流として、メモリ19に記憶させる。

【0111】サブアレイ内の各要素電子光学系によってウエハ5上に形成される光源像は、図17に示すように、各要素電子光学系の走査フィールドを各基準位置（黒丸）を起点として同一の移動量を偏向器6により得て、各要素電子光学系の走査フィールドが隣接してウエハを露光する。すると、全てのサブアレイにより、図18のようにウエハを露光する。そして、偏向器7によりY方向にLyステップし、各要素電子光学系の走査フィールドを各基準位置（黒丸）を起点として同一の移動量を偏向器6により得て、ウエハを露光する。以上を4回繰り返すことに図19のように、各サブアレイの露光フィールドが隣接した露光フィールドが形成される。

【0112】（実施例3）

〔露光系の構成要素説明〕図20は本発明に係る電子ビーム露光装置の実施例3を示す図である。同図中、図1及び図15と同一構成要素には同一符号を付し、その説明は省略する。

【0113】本実施例は実施例2に電子ビームを減速する電極もしくは加速する電極を少なくとも1つを付加した点と、光源形状を可変できる手段を設けた点である。

【0114】要素電子光学系アレイ130を構成する静電レンズであるユニポテンシャルレンズは、エネルギーの低い電子であればあるほど小型な電子レンズを達成出来る。

【0115】しかしながら、電子銃1からの電子ビームを多く取り出す為にアノード電圧を高める必要があり、その結果、電子銃からの電子はエネルギーが高くなることもある。そこで本実施例では、図中のDCEの様な減速用電極を電子銃1と要素電子光学系アレイ130との間に設けている。減速用電極とはアノードに対して電位の低い電極であって、それにより要素電子光学系アレイ130に入射する電子のエネルギーを調整している。その形状は図中(A)のような要素電子光学系のそれぞれに対応した開口を有するタイプと図中(B)のようなサブアレイのそれぞれに対応した開口を有するタイプがある。

【0116】縮小電子光学系(4、100)は、電子ビームのエネルギーが低いと空間電荷効果によりウエハ上での電子ビームの集束性が悪くなるので、ユニポテンシャルレンズからの電子ビームのエネルギーを高める（加速する）必要がある。そこで本実施例では、図中のACEの様な加速用電極を要素電子光学系アレイ130と縮小電子光学系(4、100)との間に設けている。加速用電極とは要素電子光学系アレイに対して電位の高い電極であって、それにより縮小電子光学系(4、100)に入射する電子のエネルギーを調整している。減速用電極と同様に、その形状は図中(A)のような要素電子光学系のそれぞれに対応した開口を有するタイプと図中(B)のようなサブアレイのそれぞれに対応した開口を有するタイプがある。

【0117】実施例1、2および本実施例においても、光源像をウエハ上に転写し、走査することにより所望の露光パターンを形成している。その光源像の大きさは露光パターンの最小線幅の1/5から1/10に設定される。したがって、露光パターンの最小線幅によって光源の大きさを変更することにより、露光の為に光源像移動ステップの数を最小にできる。そこで本実施例では、図中の160のような光源形状整形の為に電子光学系を設けている。電子光学系160は、電子銃の光源S0を第1電子レンズ161によって光源像S1を形成し、第2電子レンズ162によって光源像S1の像S2を形成している。このような構成により、第1電子レンズ161と第2電子レンズ162の焦点距離のそれぞれを変更すれば、光源像S2の位置を固定してその大きさのみを変更できる。第1電子レンズ161と第2電子レンズ162の焦点距離は光源形状整形回路163によって制御される。

【0118】また光源像のS2位置に所望の形状を有する開口を設けることにより、光源の大きさばかりでなく形状も変更できる。

【0119】（実施例4）

〔露光系の構成要素説明〕図21は本発明に係る電子ビーム露光装置の実施例4を示す図である。同図中、図1、図15及び図20と同一構成要素には同一符号を付し、その説明は省略する。

【0120】本実施例の電子ビーム露光装置は、ステンシルマスク型の露光装置である。すなわち、電子銃1からの電子ビームを照明領域を規定する開口を有する第1成形アパーチャ200により成形し、第1成形電子レンズ210（電子レンズ211、212で構成する）と成形偏向器220を用いてパターン透過孔を有するステンシルマスク230を照明する。そして、ステンシルマスク230の描画パターン要素を縮小電子光学系(4、100)によってウエハ5上に縮小投影している。

【0121】本実施例が従来のステンシルマスク型の露光装置と異なる点は、縮小電子光学系100の瞳近傍に、ステンシルマスク230からの電子ビームが瞳面を通過する際、瞳面上での電子ビームの電子密度分布を周辺部の

電子密度が中央部の電子密度より大とせしめる絞りを設けたことである。すなわち図中(A)のような絞り中央部を遮蔽したホロビーム形成絞り240を設けている。すると図22のように、ステンシルマスクからの電子ビームはホロビームの電子密度分布になる。参考のため、従来のガウスビームの電子密度分布も図示する。

【0122】〔要素電子光学系の他の実施例1〕で述べたように、ホロビームは従来のガウスビームに比べ空間電荷効果が小さいので、電子ビームをウエハ上に集束してぼけの小さい光源像がウエハ上に形成できる。また、ステンシルマスクを通過する電子ビームはステンシルマスク上に位置する光源と考えられる。すると、ステンシルマスクのパターンの形状を有する光源の像をウエハ上に形成する場合も、空間電荷効果が小さいので光源形状に忠実な光源像が形成できる。すなわち、ステンシルマスクのパターンに忠実な露光パターンがウエハ上に形成できる。

【0123】本実施例では、縮小電子光学系100の瞳面近傍にホロビーム形成絞り240を設けたが、縮小電子光学系100の瞳と共役な位置、例えば第1成形レンズ210の瞳位置、光源S2の位置にホロビーム形成絞り240と同形状の絞りを設けても上記効果を達成できる。

【0124】また、電子銃の各電極の形状、電位を調整して、光源自体をホロビーム形状にしても良い。

【0125】もちろん、本実施例において、第1成形アパーチャ200を矩形開口にし、ステンシルマスクの代わり矩形開口を有する第2成形アパーチャを設置して、可変矩形ビーム型の露光装置に変更しても、同様の構成で同様の効果を達成できる。

【0126】次に上記説明した電子ビーム露光装置及び露光方法を利用したデバイスの生産方法の実施例を説明する。

【0127】図20は微小デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造のフローを示す。ステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ2（露光制御データ作成）では設計した回路パターンに基づいて露光装置の露光制御データを作成する。一方、ステップ3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意した露光制御データが入力された露光装置とウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成

し、これが出荷（ステップ7）される。

【0128】図21は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では上記説明した露光装置によって回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0129】本実施例の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを低コストに製造することができる。

【0130】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、

（1）ステンシルマスクを必要としない。

（2）広い露光領域に所望の形状を有する光源像を同時に多く形成することができる。

（3）各光源像は離散的に配置されているので空間電荷効果の影響を互いに受けない。

よって、所望の露光パターンをよりスループット高く形成できる。

【0131】また、ホロビーム状電子ビームを形成することにより、空間電荷効果の影響を低減し、特にステンシルマスク型の電子ビーム露光装置において、ステンシルマークに使用できるパターンの制限を小さくでき、よりスループットを高くできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る電子ビーム露光装置の実施例1を示す図。

【図2】ステンシルマスクを備えた電子ビーム露光装置の概要を示す図。

【図3】ステンシルマスク型露光の概念を説明する図。

【図4】本発明の原理を説明する図。

【図5】要素電子光学系について説明する図。

【図6】補正電子光学系を説明する図。

【図7】ブランキング電極の配線図。

【図8】上下の開口電極を説明する図。

【図9】中間電極を説明する図。

【図10】非点収差を有するユニポテンシャルレンズを説明する図。

【図11】露光パターンと露光制御データを説明する図。

【図12】各要素電子光学系に送信されるブランキング

信号を説明する図。

【図13】要素電子光学系の他の実施例1を説明する図。

【図14】要素電子光学系の他の実施例2を説明する図。

【図15】発明に係る電子ビーム露光装置の実施例2を示す図。

【図16】要素電子光学系アレイについて説明する図。

【図17】サブアレイの走査フィールドを説明する図。

【図18】要素電子光学系アレイの走査フィールドを説明する図。

【図19】露光フィールドを説明する図。

【図20】発明に係る電子ビーム露光装置の実施例3を示す図。

【図21】発明に係る電子ビーム露光装置の実施例4を示す図。

【図22】瞳面上の電子密度分布を説明する図。

【図23】微小デバイスの製造フローを説明する図。

【図24】ウエハプロセスを説明する図。

【符号の説明】

- 1 電子銃
- 2 ンデンスーレンズ
- 3 補正電子光学系

31、32 要素電子光学系

4 縮小電子光学系

5 ウエハ

6 偏向器

7 ダイナミックフォーカスコイル

8 ダイナミックスティグコイル

91、92 偏向器

10 ファラデーカップ

11 XYZステージ

12 CPU

13 インターフェース

14 シーケンスコントローラ

15 フォーカス制御回路

16 ブランキング制御回路

17 駆動制御装置

18 光軸アライメント制御回路

19 メモリ

21 レーザ干渉系

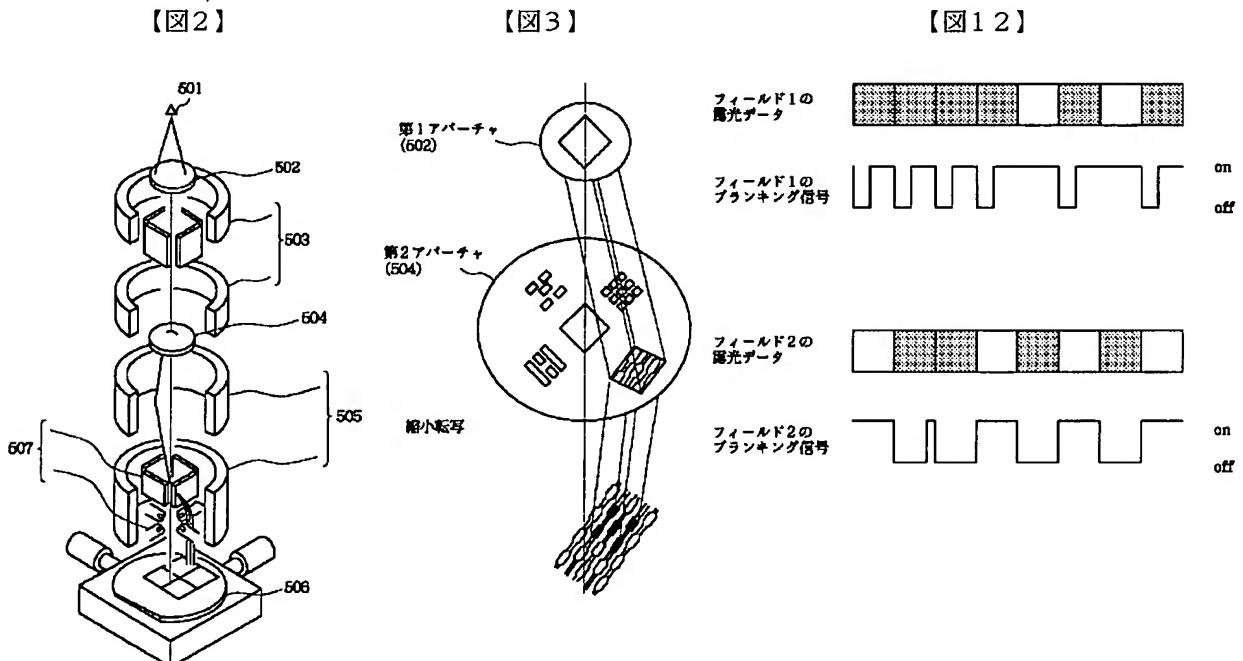
130 要素電子光学系アレイ

160 光源形状整形のための電子光学系

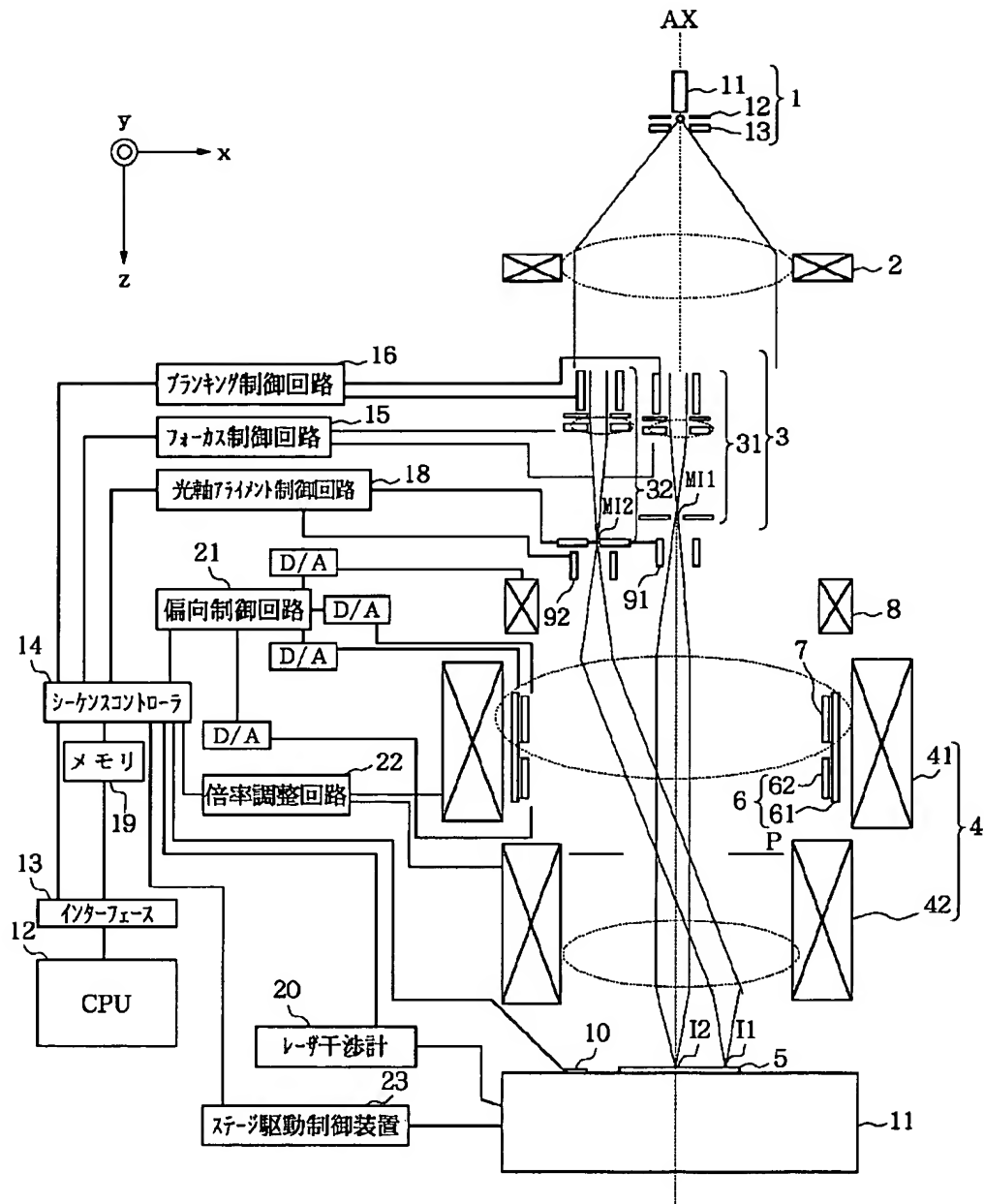
DCE 減速用電極

ACE 加速用電極

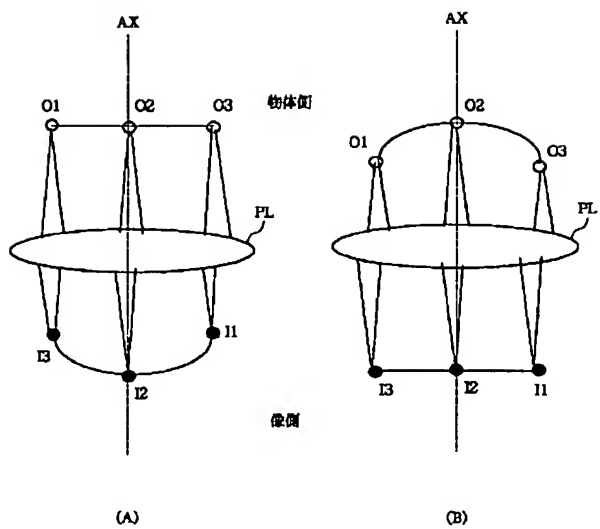
240 ホロビーム形成絞り



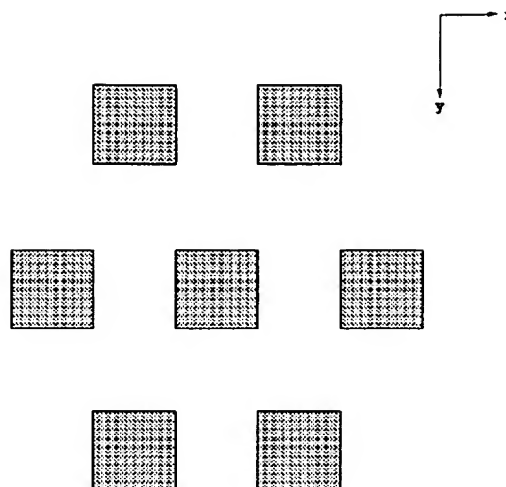
【図1】



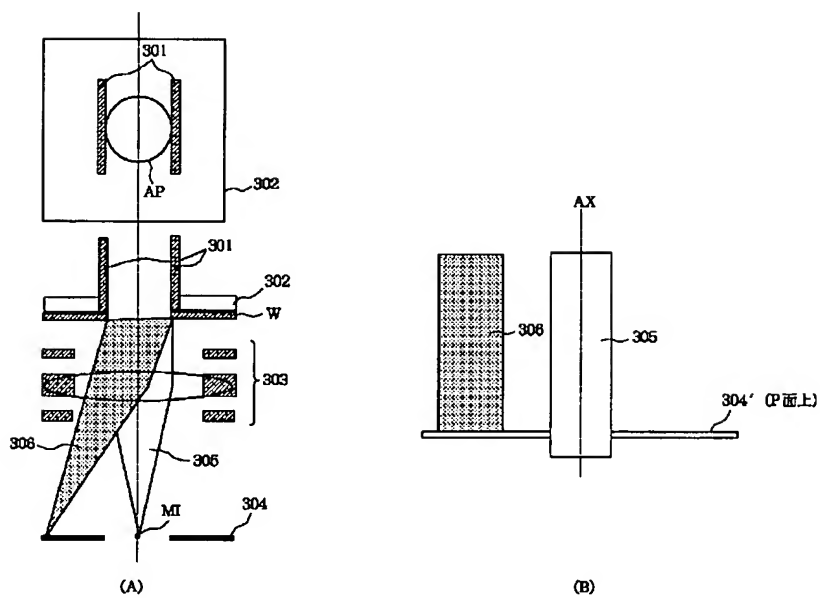
【図4】



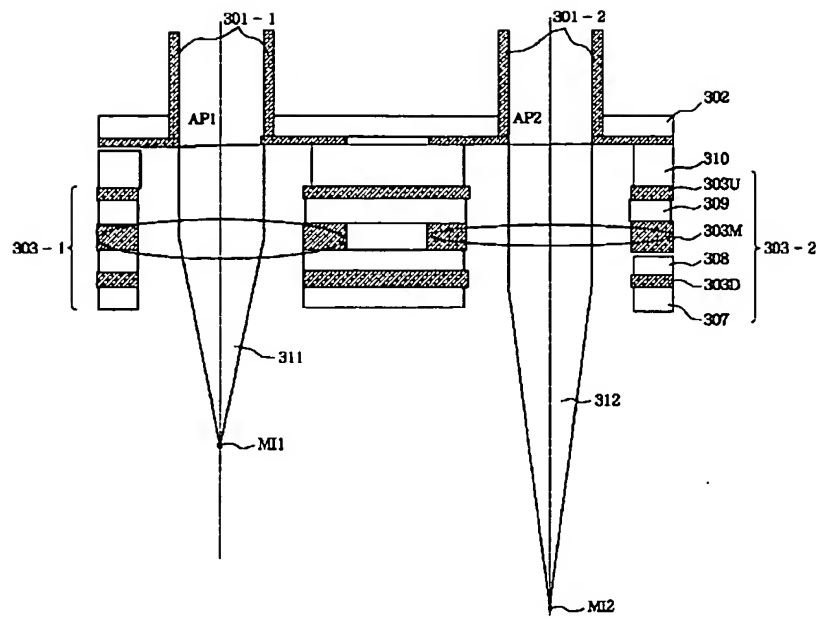
【図18】



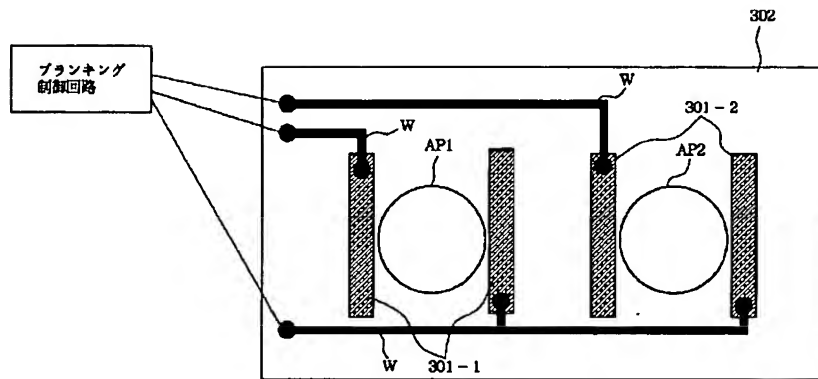
【図5】



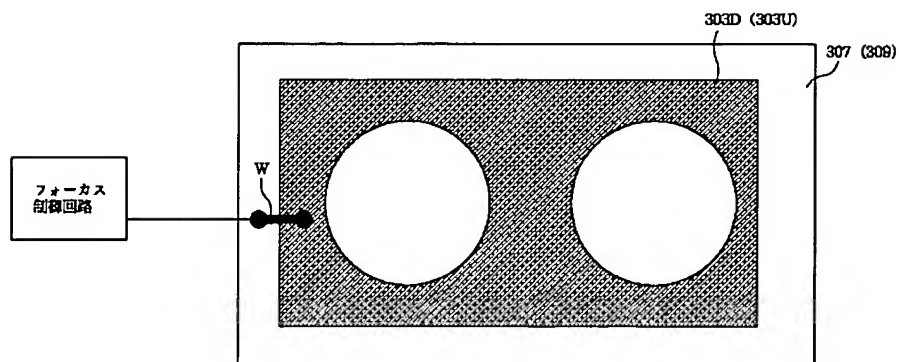
【図6】



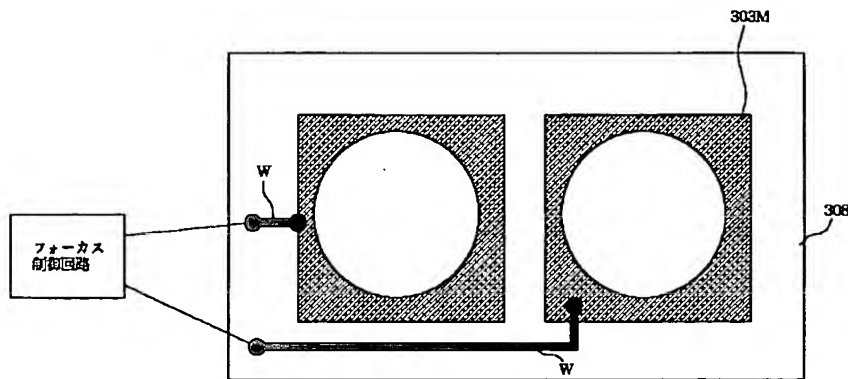
【図7】



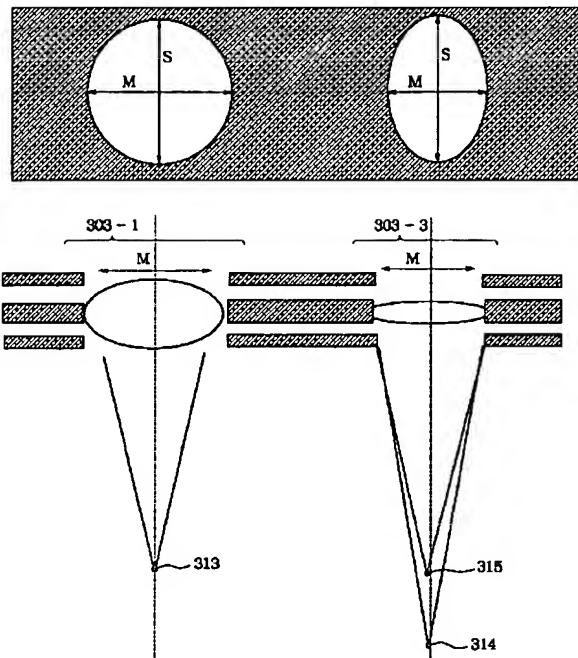
【図8】



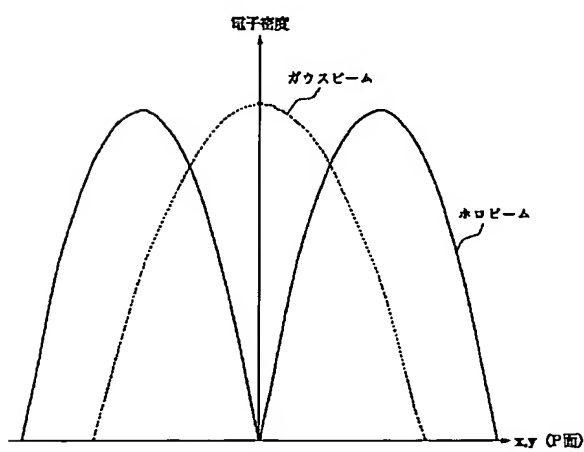
【図9】



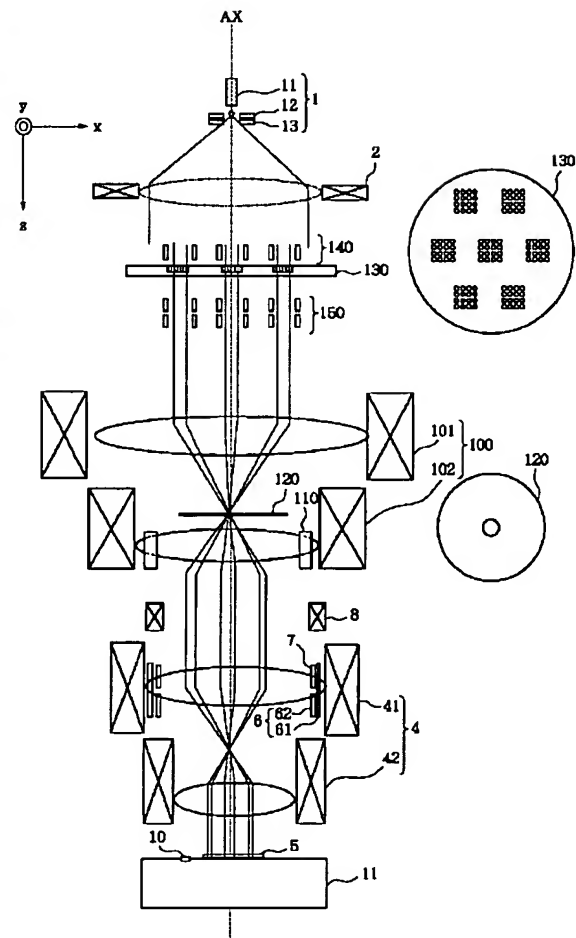
【図10】



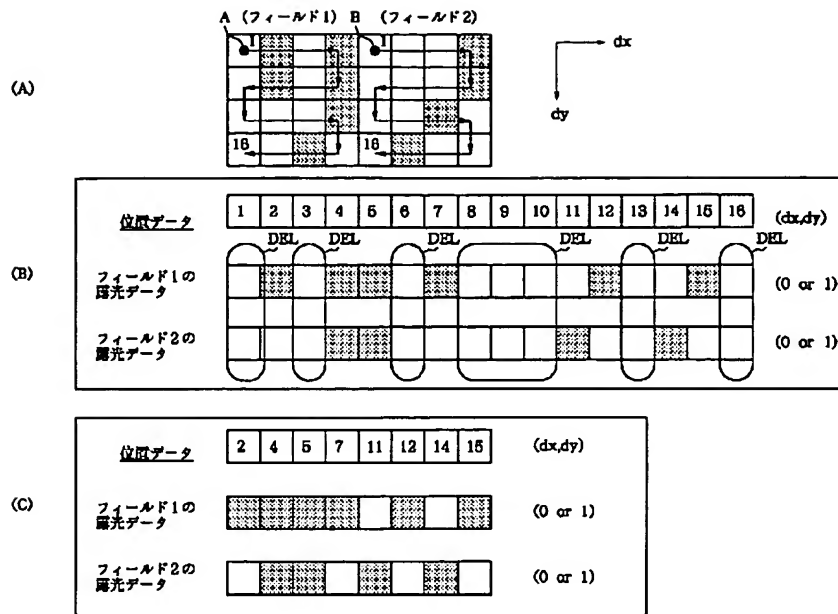
【図22】



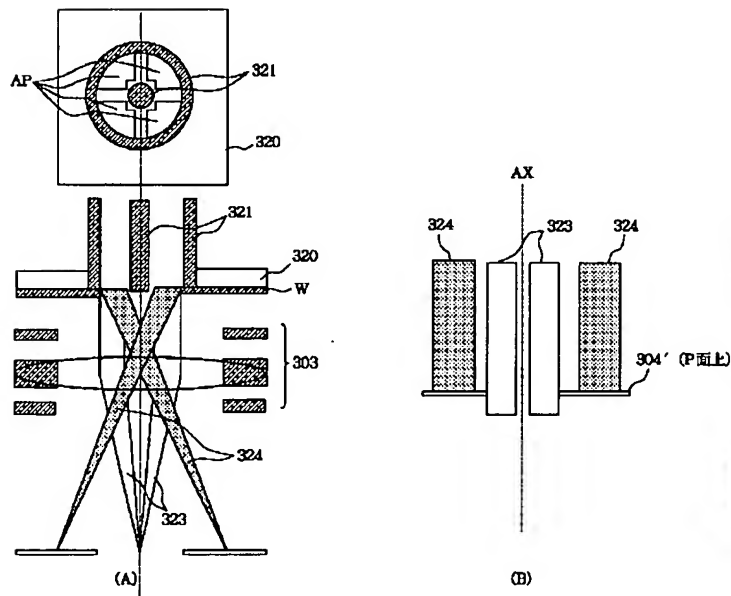
【図15】



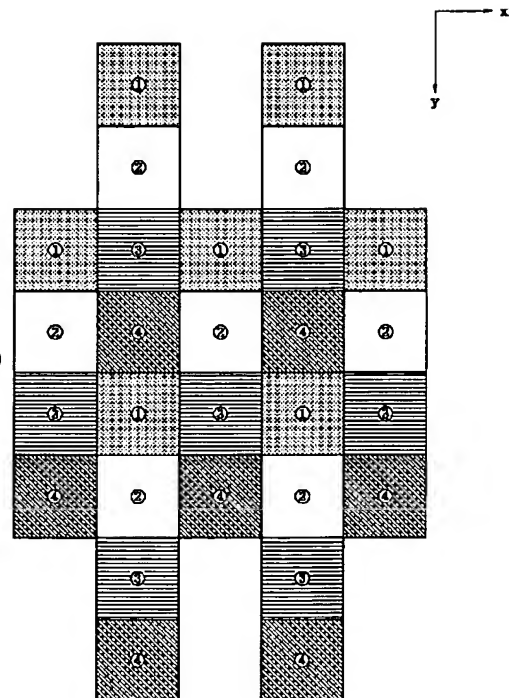
【図11】



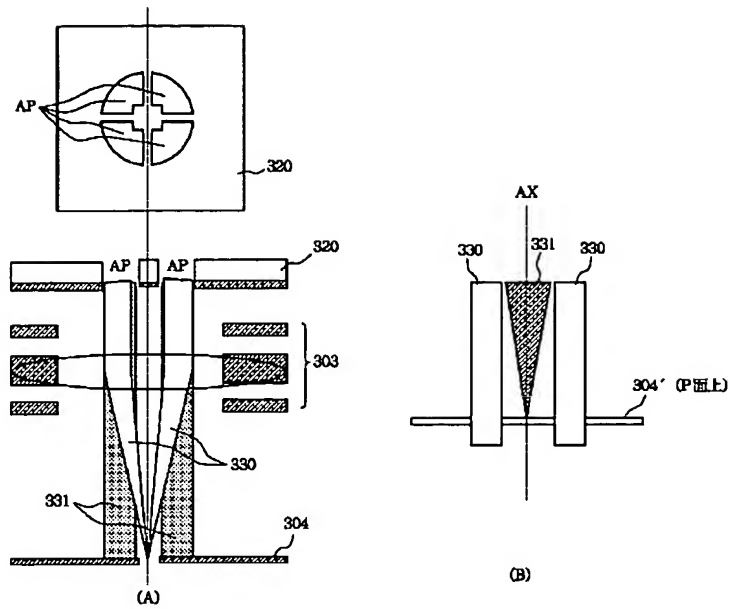
【図13】



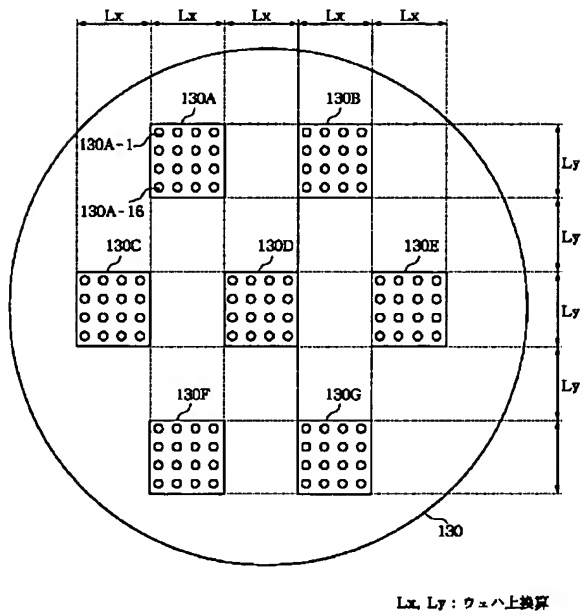
【図19】



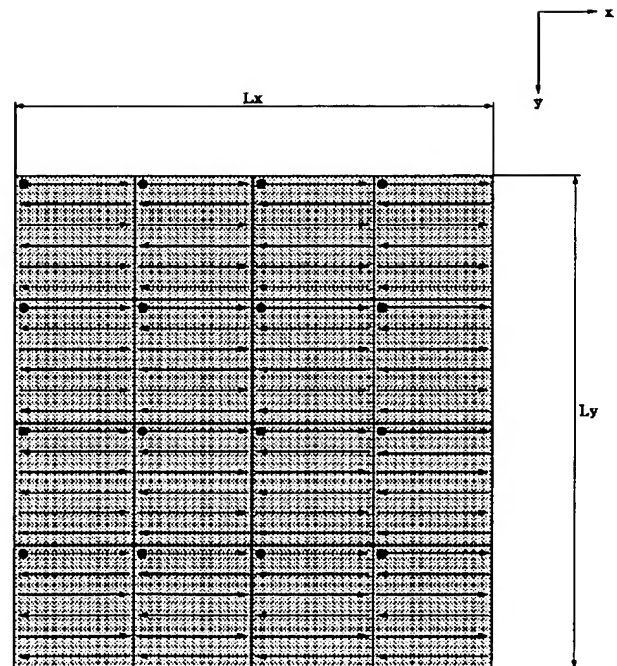
【図14】



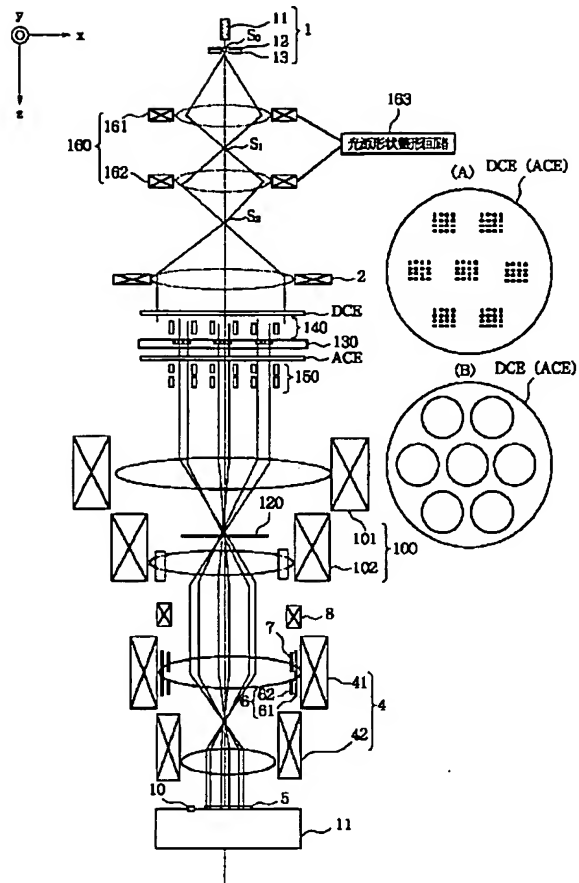
【図16】



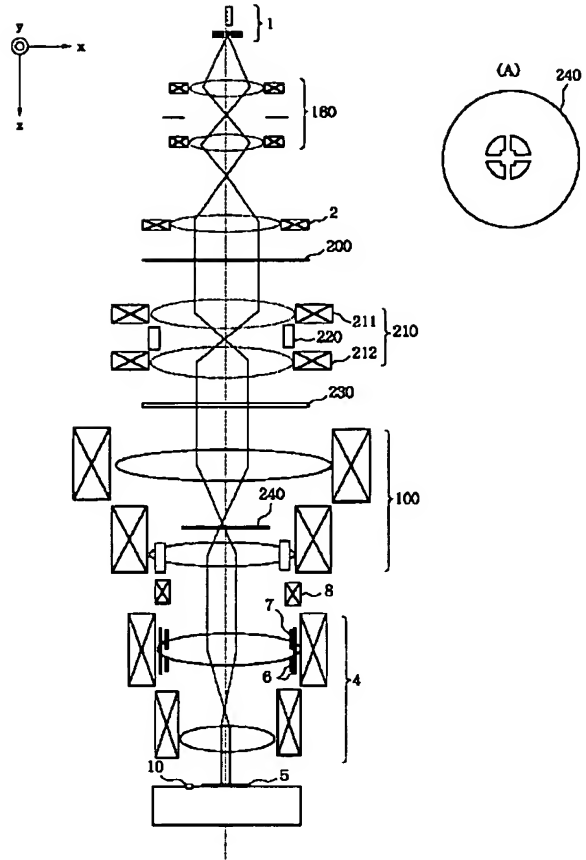
【図17】



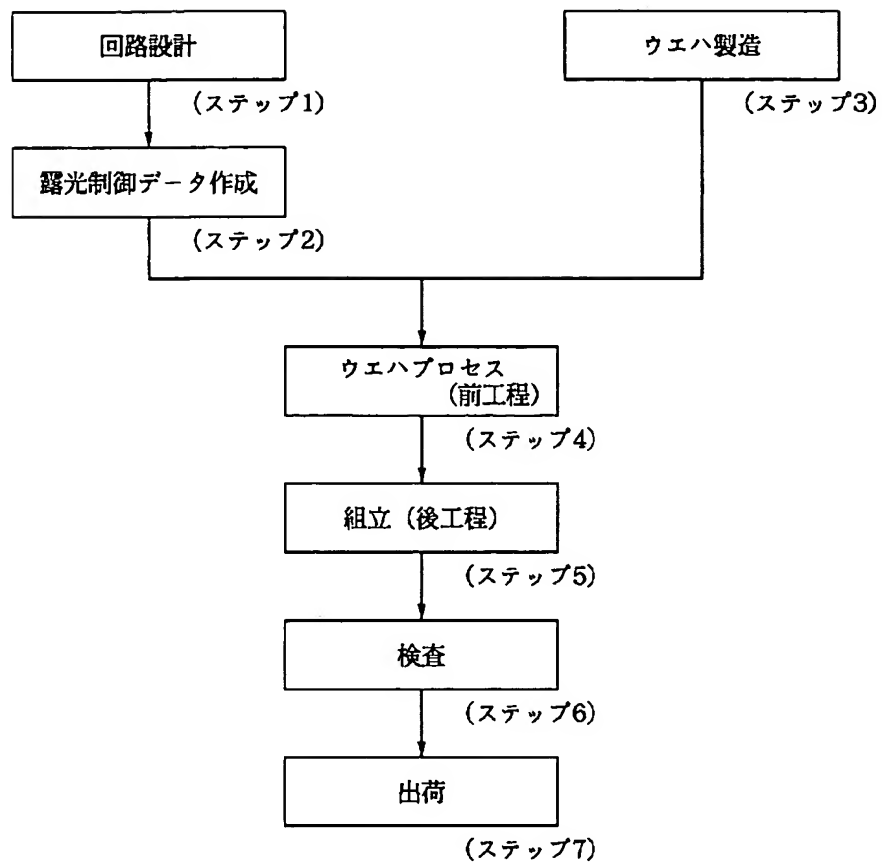
【図20】



【図21】



【図23】



半導体デバイス製造フロー

【図24】

